

脊髓内移后路矫形内固定修复伴神经损害的脊柱侧后凸畸形： 神经电生理及功能的改善

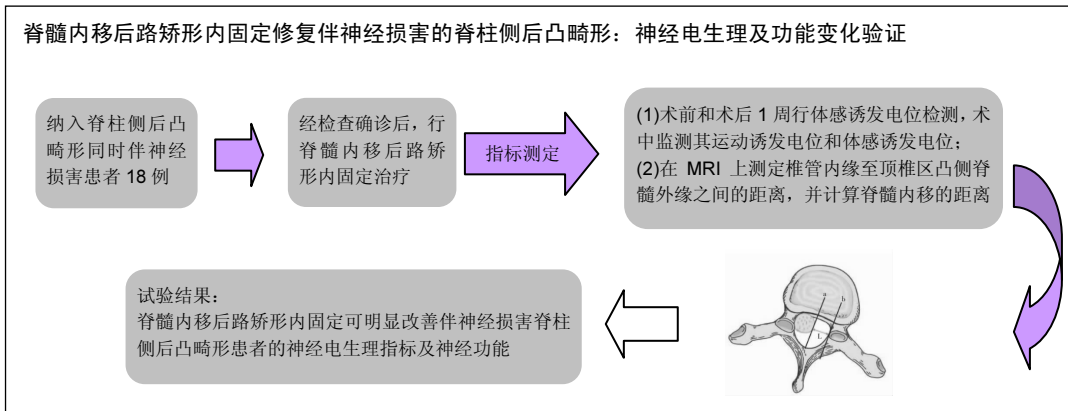
李平^{1,2}, 孙建民¹, 王彤³(¹山东大学附属省立医院脊柱外科, 山东省济南市 250021; ²菏泽市单县东大医院骨科, 山东省菏泽市 274300; ³南京医科大学骨科, 江苏省南京市 210029)

引用本文: 李平, 孙建民, 王彤. 脊髓内移后路矫形内固定修复伴神经损害的脊柱侧后凸畸形: 神经电生理及功能的改善[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(31):4610-4615.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.31.007

ORCID: 0000-0001-5826-3872(李平)

文章快速阅读:



李平, 男, 1981 年生, 山东省单县人, 汉族, 硕士, 主治医师, 主要从事脊柱、创伤方面的研究。

通讯作者: 孙建民, 主任医师, 硕士生导师, 山东大学附属省立医院脊柱外科, 山东省济南市 250021

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2016)31-04610-06

稿件接受: 2016-05-12

文题释义:

脊柱侧后凸畸形: 是一种由于各种原因(先天性、特发性和神经肌源性脊柱侧凸长期未经治疗引起)导致的脊柱侧凸, 且长期未得到良好的治疗而引起的严重脊柱矢状面和冠状面的畸形。随着后路全脊椎截骨在临床上的广泛应用, 显著提高了重度脊柱侧后凸畸形的矫正率, 但是单纯的行后路全脊椎截骨术却并不能显著性的改善脊髓神经功能, 甚至可能进一步使神经功能损害加重。

体感诱发电位: 在临床得到广泛应用主要是由于该方法的敏感性(对术中脊髓的牵拉、缺血以及压迫均较敏感)和具备连续检测的功能。虽然运动诱发电位监测脊髓神经损害的特异性和敏感性均较高, 但是对直接反映脊髓感觉功能和连续性的监测无法满足, 所以对脊髓神经功能监测时采用体感诱发电位及运动诱发电位联合监测的方法可以提高准确性和可靠性。

摘要

背景: 有文献报道, 采用脊髓内移术修复伴有脊髓神经受压的脊柱侧后凸畸形, 术后大部分患者的神经功能可以达到不同程度的恢复, 但该方案改善术后神经功能的有效性机制仍不明确。

目的: 观察脊髓内移后路矫形内固定修复伴神经损害的脊柱侧后凸畸形后神经功能的改善情况。

方法: 选择脊柱侧后凸畸形同时伴神经损害患者 18 例, 经检查确诊后, 行脊髓内移后路矫形内固定治疗。所有患者均在术前和术后 1 周行体感诱发电位检测, 术中监测其运动诱发电位和体感诱发电位。

在 MRI 上测定椎管内缘至顶椎区凸侧脊髓外缘之间的距离, 并计算脊髓内移的距离。

结果与结论: ①术前胫后神经体感诱发电位检测到 P40 的波幅(1.66±0.29) μV、峰潜伏期为(39.25±3.02) ms; 术中胫后神经体感诱发电位检测到 P40 的波幅和峰潜伏期的值分别(1.68±0.28) μV、和(38.68±2.67) ms, 术中与术前的波幅与峰潜伏期比较差异无显著性意义(P > 0.05); ②术后冠状面主弯 Cobb 角矫正率以及后凸 Cobb 角矫正率分别为(51.1±21.2)%以及(38.9±18.1)%; 顶椎区脊髓位置在术后平均内移距离为(2.4±1.7) mm; ③胫后神经体感诱发电位检测到 P40 的波幅与潜伏期在术后 1 周时分别为(2.21±0.40) μV 和(34.98±2.83) ms, 较术前有显著改善, 差异有显著性意义(P < 0.05); ④结果提示, 脊髓内移后路矫形内固定可明显改善伴神经损害脊柱侧后凸畸形患者的神经电生理指标及神经功能。

关键词:

骨科植入物; 脊柱植入物; 脊髓内移术; 后路矫形内固定; 神经损害; 脊柱侧后凸畸形; 神经电生理监

Li Ping, Master, Attending physician, Department of Spinal Surgery, Affiliated Provincial Hospital of Shandong University, Jinan 250021, Shandong Province, China; Department of Orthopedics, Heze Shanxian Dong Da Hospital, Heze 274300, Shandong Province, China

Corresponding author: Sun Jian-min, Chief physician, Master's supervisor, Department of Spinal Surgery, Affiliated Provincial Hospital of Shandong University, Jinan 250021, Shandong Province, China

测; 神经功能; 国家自然科学基金

主题词:

脊柱侧凸; 脊柱后凸; 内固定器; 组织工程

基金资助:

国家自然科学基金(81171851)

Transvertebral transposition of the spinal cord and posterior correction in patients suffering from neurologic deficit secondary to angular kyphoscoliosis: improvement of electrophysiology and function

Li Ping^{1,2}, Sun Jian-min¹, Wang Tong³ (¹Department of Spinal Surgery, Affiliated Provincial Hospital of Shandong University, Jinan 250021, Shandong Province, China; ²Department of Orthopedics, Heze Shanxian Dong Da Hospital, Heze 274300, Shandong Province, China; ³Department of Orthopedics, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Previous studies have shown that nerve function may achieve different degrees of recovery in most patients after transvertebral transposition of the spinal cord for repair of spinal cord nerve compression and kyphoscoliosis. However, the effective mechanism of the proposed method to improve postoperative nerve function is still not clear.

OBJECTIVE: To investigate the improvement in neurological outcomes after transvertebral transposition of the spinal cord and posterior correction in patients suffering from neurologic deficit secondary to angular kyphoscoliosis.

METHODS: Eighteen patients suffering from neurologic deficit secondary to angular kyphoscoliosis underwent transvertebral transposition of the spinal cord and posterior correction. Preoperatively and 1 week postoperatively, all patients were subjected to somatosensory evoked potential detection. During operation, motor evoked potentials and somatosensory evoked potentials were monitored. Using MRI, the distance from the inner edge of the spinal canal to the outer edge of the convex side of the spinal cord at apical region was measured, and the distance of spinal cord transposition was calculated.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) There were no significant differences in terms of the latency and amplitude of posterior tibial nerve P40 (preoperatively versus intraoperatively: amplitude: $(1.66 \pm 0.29) \mu\text{V}$ vs. $(1.68 \pm 0.28) \mu\text{V}$, $P > 0.05$; latency: $(39.25 \pm 3.02) \text{ms}$ vs. $(38.68 \pm 2.67) \text{ms}$, $P > 0.05$). (2) After surgery, the major curve was improved with $(51.1 \pm 21.2)\%$ correction rate, and the mean kyphosis was improved with $(38.9 \pm 18.1)\%$. The distance between spinal cord and canal on the convex side at the apex was decreased by $(2.4 \pm 1.7) \text{mm}$ on average. (3) The amplitude and latency of posterior tibial nerve P40 at 1 week postoperatively were $(2.21 \pm 0.40) \mu\text{V}$ and $(34.98 \pm 2.83) \text{ms}$, respectively ($P < 0.05$). (4) These results suggest that posterior correction and internal fixation can remarkably improve neurophysiological index and nerve function in patients with neurologic deficit secondary to angular kyphoscoliosis.

Subject headings: Scoliosis; Kyphosis; Internal Fixators; Tissue Engineering

Funding: the National Natural Science Foundation of China, No. 81171851

Cite this article: Li P, Sun JM, Wang T. Transvertebral transposition of the spinal cord and posterior correction in patients suffering from neurologic deficit secondary to angular kyphoscoliosis: improvement of electrophysiology and function. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2016;20(31):4610-4615.

0 引言 Introduction

脊柱侧后凸畸形是一种由于各种原因(先天性、特发性和神经肌源性脊柱侧凸长期未经治疗引起)导致的脊柱侧凸且长期未得到良好的治疗而引起的严重脊柱矢状面和冠状面的畸形^[1]。临床上脊柱冠状面Cobb角达到 80° 以上则被称为重度脊柱侧凸^[2-3]，由于其明显的畸形，在临床实践中发现其常会合并有神经功能、心肺功能等脏器功能异常，导致治疗十分困难^[4]。近年来有文献报道，随着后路全脊椎截骨在临床上的广泛应用，显著性

提高了重度脊柱侧后凸畸形的矫正率，但是，单纯的行后路全脊椎截骨术却并不能显著性的改善脊髓神经功能，甚至可能进一步使神经功能损害加重^[5-6]。然而，改善其神经功能对伴神经损害的脊柱侧后凸畸形患者具有更重要的意义。

有文献报道，采用脊髓内移术治疗伴有脊髓神经受压的脊柱侧后凸畸形，术后大部分患者的神经功能可以达到不同程度的恢复^[7-8]，但该方案改善术后神经功能的有效性机制仍不明确^[5]。神经电生理监测技术中体感诱

发电位以及运动诱发电位在临床上的应用明显提高了脊柱矫形的安全性, 降低损伤神经危险的同时也避免了术中反复影像引起的辐射损伤^[9]。

山东大学附属省立医院选取2004年5月至2014年2月行脊髓内移后路矫形内固定修复脊柱侧后凸畸形同时伴神经损害的患者, 并通过神经电生理监测对患者神经功能进行动态分析, 以系统评估此类患者神经功能的改善情况。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析。

1.2 时间及地点 于2004年5月至2014年2月在山东大学附属省立医院脊柱外科完成。

1.3 材料 文中所使用的经皮椎弓根螺钉内固定系统由厦门大博颖精医疗器械有限公司提供, 属于脊柱微创固定系统II型, 该系统内植物由螺钉、预弯钛棒和螺塞组成, 通过系统辅助工具, 小切口微置入体内, 起到对椎体压缩性骨折撑开复位及固定的作用。

1.4 对象 选取2004年5月至2014年2月山东大学附属省立医院确诊并收治的脊柱侧后凸畸形同时伴神经损害患者18例, 行脊髓内移后路矫形内固定治疗。其中男10例, 女8例; 年龄8-60岁, 平均(24.3±10.7)岁。

纳入标准: ①患者及其家属签署知情同意书; ②在本院或者三甲以上医院诊断为伴神经功能损害症状及体征的重度脊柱侧后凸畸形患者; ③经检查后, 采用脊髓内移后路矫形内固定术治疗。

排除标准: 有癫痫病史者; 安装心脏起搏器者; 颅内金属置入物或颅骨骨折等运动诱发电位禁忌证的患者。

所有患者均手术治疗后定期随访, 随访1年以上。全脊髓MRI检查结果表明18例患者无脊髓发育畸形者。患者就诊时表现均为双下肢麻木, 其中有8例还表现为伴行走不稳症状。病理征结果均为双下肢阳性。根据国际神经功能分级标准的Frankel分级^[10], 7例为C级, 表现为先天性脊柱侧后凸患者; 11例为D级, 其中6例表现为先天性脊柱侧后凸患者, 5例表现为特发性脊柱侧后凸患者。15例侧凸顶椎位于胸椎、2例侧凸顶椎位于胸腰椎, 所有患者的后凸顶椎均位于侧凸顶椎区内。

1.5 方法

1.5.1 CT及MR检查 术前所有患者行常规拍摄站立位全脊柱CT、MR检查以及全脊柱正侧位X射线片, 并测定出以下指标: ①顶椎区脊髓位置: 在MRI上测量顶

椎区凸侧脊髓外缘至椎管内缘的距离。脊髓内移距离定义为术前顶椎区凸侧脊髓外缘至椎管内缘距离与术后顶椎区凸侧脊髓外缘至椎管内缘距离的差值(见图1)。

②冠状面主弯Cobb角与后凸Cobb角: 在站立位全脊柱正位X射线片上, 上主弯上端最倾斜椎体上终板切线与下端最倾斜椎体下终板切线之间的夹角为冠状面主弯Cobb角; 在站立位全脊柱侧位X射线片上, 上端最倾斜椎体上终板切线与下端最倾斜椎体下终板切线之间的夹角为后凸Cobb角。

术前18例患者经测定其顶椎区凸侧脊髓外缘至椎管内缘的距离为3.1-19.8 mm, 平均(12.2±5.99) mm; 冠状面主弯Cobb角为63°-103°, 平均(78.2±26.4)°; 后凸Cobb角40°-126°, 平均(72.1±25.7)°。

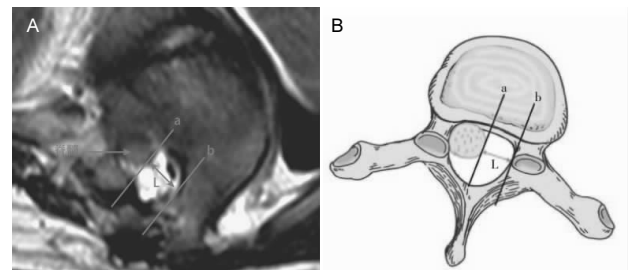


图1 顶椎(T₁₁椎体)水平MRI横断面T2WI脊髓位置测量
Figure 1 Measurements of top vertebra (T₁₁ vertebra) horizontal cross-sectional MRI-T2WI

图注: 图A为MRI横断面T2WI像, 图中a为与脊髓凸侧相切且垂直于椎体的直线, b为与椎管凸侧相切且垂直于椎体的直线, L为a与b之间的距离, 脊髓内移距离=L术前-L术后; B为示意图。

1.5.2 神经电生理检测 术前和术后1周分别采用加拿大XLTEK肌电诱发电位仪检测所有患者的胫后神经体感诱发电位。检测条件: 室温22-24℃, 隔音的电磁屏蔽暗室内, 受检者平卧位, 闭目并放松全身肌肉。术中行体感诱发电位和运动诱发电位监测: ①体感诱发电位检测: 所有患者于术前及术后1周时分别在内踝后2.0-3.0 cm处以双极电极刺激胫后神经(以波宽为0.2 ms、波频为1.9 Hz、强度为10 mA的恒流方波电脉冲刺激, 以出现足趾跖屈为准)。脑部表面记录电极部位: 头皮的“足”区(国际脑电图10-20系统的Cz, 以Fz为参考点, 肩部连地线, 每个电极与头皮间电阻均小于5 kΩ, 记录带宽200-2000 Hz, 分析时间100 ms, 灵敏度为2 μV, 平均叠加200次)。观察指标是胫后神经波幅和潜伏期。为确保数据的准确性、可靠性、稳定性以及可重复性, 每次检测重复测量2次以上。②运动诱发电位检测: 采用经颅电刺激技术。刺激电极放置于C3、C4两点。记录电极放置于下肢展肌, 记录刺激引发的复合型肌肉动

作电位。

1.5.3 修复方法 所有患者均采用常规全麻, 麻醉后取其俯卧位, 行后正中切口入路。在术前已确定的固定区内置入灭菌消毒的椎弓根螺钉。依据术前MRI上顶椎区脊髓受压情况来决定术中脊髓内移的范围。去除脊髓受压节段凹侧椎板关节突及椎弓根后(使用磨钻及咬骨钳), 在切除肋横突关节过程中尽可能保护减压区内的脊神经根, 其后可见脊髓整体向凹侧移位, 脊髓压迫得以解除。保留凸侧后份结构。完成脊髓内移术后置棒矫形, 固定良好后便以自体骨加异体骨于关节突处植骨, 最后冲洗止血, 然后逐层严密缝合。在脊髓电生理监护下完成手术全过程。

1.5.4 术后处理 一般采用消炎镇痛及补液方式进行治疗, 2 d后即可拔除引流管, 三至四天后离床行走并进行轻微的锻炼。

1.6 主要观察指标 所有患者均定期随访1年, 分别于术前、术后1, 3, 6, 9个月及末次(即术后1年)来随访, 随访时所有患者均测量顶椎区脊髓位置; 拍摄站立位全脊柱CT、MR检查以及全脊柱正侧位X射线片; 测量冠状面主弯Cobb角以及后凸Cobb角, 同时记录其并发症发生情况。

神经功能Frankel分级标准: A, 损伤平面以下深浅感觉完全消失, 完全消失; B, 损伤平面以下深浅感觉完全消失, 仅存某些骶区感觉; C, 损伤平面以下仅有某些肌肉运动功能, 无有用功能存在; D, 损伤平面以下肌肉功能不完全, 可扶拐行走; E, 深浅感觉、肌肉功能及大小便功能良好, 可有病理反射。

1.7 统计学分析 所有数据均经过SPSS 19.0进行处理, 所有计量资料均用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 计数资料采用%表示, 各指标间的比较均采用 t 检验, 组与组之间的比较则采用 χ^2 检验, 检验水准 $\alpha=0.05$, 所有的统计分析均采用双侧检验。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 纳入脊柱侧后凸畸形同时伴神经损害患者18例, 全部进入结果分析, 无脱落。

2.2 患者术前、术后脊髓内移距离、冠状面主弯Cobb角以及后凸Cobb角改善情况 经准确测量, MRI显示术前所有患者患者侧后凸顶椎凹侧脊髓均受压至变形, 而术后MRI显示顶椎区脊髓位置明显得到改善, 术后脊髓位置的平均内移距离为(2.9±3.2) mm(1.4–4.7 mm)。术

后冠状面主弯Cobb角矫正率为(50.4±19.3)%(20.1%–82.4%); 术后后凸Cobb角矫正率为(40.3±16.8)%(19.7%–67.5%), 见表1。

表1 患者术前、术后脊髓内移距离、冠状面主弯Cobb角以及后凸Cobb角改善情况 ($\bar{x}\pm s, n=18$)

Table 1 Transvertebral transposition distance of the spinal cord, coronal major curve Cobb angle and kyphosis Cobb angle preoperatively and postoperatively

项目	术前	术后
凸侧脊髓外缘至椎管内缘平均距离(mm)	12.2±5.99	9.3±5.9
脊髓内移距离(mm)		2.9±3.2
Cobb角(°)		
冠状面主弯	78.2±26.4	38.8±18.5
后凸	72.1±25.7	41.5±14.7
Cobb角矫正率(%)		
冠状面主弯		50.4±19.3
后凸		40.3±16.8

2.3 患者术中、术后并发症发生情况 经详细记录发现, 术中、术后以及后期的随访过程中均未发生瘫痪、死亡、断钉断棒、内固定松动以及假关节形成等并发症, 总并发症发生率为0。

2.4 术前、术中及术后1周时患者胫后神经体感诱发电位波幅及潜伏期变化 经对比发现, 术中胫后神经体感诱发电位波幅与潜伏期与术前相比略有差异, 但是差异无显著性意义($P > 0.05$)。

与术前相比, 术后1周时的胫后神经体感诱发电位波幅与潜伏期有明显的改善, 且差异有显著性意义($P < 0.05$), 见表2。

表2 术前、术中及术后1周时患者胫后神经体感诱发电位波幅及潜伏期变化 ($\bar{x}\pm s, n=18$)

Table 2 Changes in somatosensory evoked potential amplitude and latency of tibial nerve preoperatively, intraoperatively and 1 week postoperatively

项目	术前	术中	术后1周
波幅(μV)	1.66±0.29	1.68±0.28	2.21±0.40 ^a
潜伏期(ms)	39.25±3.02	38.68±2.67	34.98±2.83 ^a

表注: 与术前相比, ^a $P < 0.05$ 。

2.5 术前、术后神经功能Frankel分级改善情况 经检查发现, 术前7例Frankel C级的患者中有6例在出院时神经功能已经恢复至D级, 术后3个月随访时其神经功能已恢复至E级; 另1例虽然在出院时神经功能未见明显改善, 但于术后9个月随访时已恢复至D级。术前11

例Frankel D级的患者中有10例在出院时神经功能已得到明显的改善, 均恢复为E级; 而另1例虽然在出院时其神经功能无明显改善, 但在6个月随访时已恢复为E级。

所有患者的神经功能在末次随访时得到良好的保持, 全部恢复至E级, 见表3。

表3 患者术前、术后神经功能 Frankel 分级改善情况
($n=18, n$)

Table 3 Improvement in neurologic Frankel grade preoperatively and postoperatively

Frankel 分级	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 9 个月	末次随访
C 级	7	1	1	1	0	0
D 级	11	7	1	0	1	0
E 级	0	10	16	17	17	18
总例数	18	18	18	18	18	18

3 讨论 Discussion

导致脊柱侧后凸畸形的原因有很多种, 临床表现特征主要是冠状面和矢状面均存在严重的畸形, 脊柱侧后凸畸患者在常常合并有脊髓神经功能损伤或处于临界损害水平, 临床上一致认为这是影响其矫形效果及术后康复的主要原因^[11-12]。产生脊髓神经损害的重要原因是脊柱侧后凸畸形后致脊髓受压变形所致, 临床上表现经常为双下肢麻木以及站立不稳或者行走困难等, 顶椎区角状侧后凸的程度与神经损害成都和症状有着密不可分的联系。这类患者出现脊髓神经功能损伤的主要原始是由于侧凸顶椎区域的发育异常所致。随着脊髓内移术临床上的广泛应用后, 近年来临床研究的不断深入, 有文献报道, 该技术不同程度的改善患者的脊髓神经功能, 但同时也发现有些患者的神经功能未得到改善反而加重了^[13]。

虽然对伴神经损害的脊柱侧后凸畸形患者在临床上早已采用脊髓内移术治疗, 但目前还没有对此类患者行脊髓内移术后神经功能的电生理功能动态转归做一个系统的研究。神经功能改善对这类患者的重要性远大于矫形, 所以此类患者在行脊髓内移术后其神经功能的准确评估最为关键。

临床上对伴神经损害的脊柱侧后凸畸形患者的术中监测早期就得到应用, 体感诱发电位就是被应用于神经系统病损患者的一个重要研究^[14]。该技术在临床得到广泛应用主要是由于该方法的敏感性(对术中脊髓的牵拉、缺血以及压迫均较敏感)和具备连续检测的功能^[15]。

研究表明虽然运动诱发电位监测脊髓神经损害的特异性和敏感性均较高, 但是对直接反应脊髓感觉功能和连续性的监测无法满足^[16-17], 所以对脊髓神经功能监测采用联合监测的方法可以提高准确性和可靠性^[18]。既往的临床研究表明, 对脊髓型颈椎病患者的颈脊髓神经功能采用体感诱发电位监测可以达到早期辅助判断功能以及临床的预后效果^[19-20]。然而, 体感诱发电位的应用是否能够预测脊柱侧后凸畸形患者在行脊髓内移术后前路矫形内固定对神经功能的转归目前尚不得而知。因此文章采用联合神经电生理技术动态监测法, 在确保脊柱侧后凸畸形患者矫形术中监测的准确性和有效性以外, 还能同时通过连续的评估来判断患者在行脊髓内移术前后的神经功能转归状况。

文章选取 18 例术前均存在神经功能损害的脊柱侧后凸畸形患者, 术前胫后神经体感诱发电位(体感诱发电位)检测到 P40 的波幅(1.66 ± 0.29) μV 、峰潜伏期为(39.25 ± 3.02) ms; 术后 1 周时胫后神经体感诱发电位(体感诱发电位)检测到 P40 的波幅与潜伏期分别为(2.21 ± 0.40) μV 和(34.98 ± 2.83) ms, 术后比术前有显著性改善, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。术后冠状面主弯 Cobb 角矫正率以及后凸 Cobb 角矫正率分别为(51.1 ± 21.2)%(13.9% - 84.7%)以及(38.9 ± 18.1)%(21.2% - 56.3%); 顶椎区脊髓位置在术后平均内移距离为(2.4 ± 1.7) mm(0.5 - 4.5 mm)。神经功能均有显著的改善。且在末次随访时, 所有患者的神经功能均得到良好的保持, 全部恢复至 E 级。

综上所述, 脊髓内移后路矫形内固定可明显改善伴神经损害的脊柱侧后凸畸形患者的神经电生理指标及神经功能。但由于纳入研究病例较少, 随访期不够长, 能否在临床广泛使用还有待进一步的研究。

作者贡献: 所有作者均参与文章的设计、实施和评估。

利益冲突: 所有作者共同认可文章内容不涉及相关利益冲突。

伦理问题: 试验方案经山东大学附属省立医院伦理委员会批准, 试验方案已经患者/家属知情同意。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不良行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算

机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

4 参考文献 References

- [1] 邹传奇,初同伟,周跃.一期经后路半椎体切除矫治先天性脊柱半椎体侧后凸畸形研究进展[J].中国修复重建外科杂志,2014,28(7):909-912.
- [2] 蔡明,刘雅,贾小平,等.后路全脊椎切除折顶矫形术治疗重度脊柱角状后凸研究[J].中国医药指南,2013,11(33):335-336.
- [3] 邱勇.退变性脊柱侧凸的分型与治疗[J].中国骨与关节杂志,2013,2(10):541-545.
- [4] 潘林.手术治疗脊柱侧凸35例临床分析[J].当代医学,2014,20(32):84.
- [5] 孙旭,钱邦平,邱勇,等.先天性胸腰段侧后凸畸形三柱截骨矫形术后冠状面失代偿[J].中华骨科杂志,2014,34(9):903-908.
- [6] Zeng Y, Chen ZQ, Qi Q, et al. The posterior surgical correction of congenital kyphosis and kyphoscoliosis: 23 cases with minimum 2 years follow-up. *Eur Spine J*. 2013; 22(2): 372-378.
- [7] Sadowsky CL, Hammond ER, Strohl AB, et al. Lower extremity functional electrical stimulation cycling promotes physical and functional recovery in chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2013;36(6):623-631.
- [8] Weiss HR, Goodall D. Rate of complications in scoliosis surgery- a systematic review of the Pub Med literature. *Scoliosis*. 2013;3(9):1-18.
- [9] Park JH, Hyun SJ. Intraoperative neurophysiological monitoring in spinal surgery. *World J Clin Cases*. 2015;3(9):765-773.
- [10] 曾忠友,孙德强,吴鹏,等.下腰椎骨折的损伤特点与改良胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统的应用[J].脊柱外科杂志,2015,13(5):294-298.
- [11] 张宏其,楚戈,潘超,等.单一后路半椎体选择性部分切除内固定术治疗先天性脊柱侧后凸畸形[J].中国修复重建外科杂志,2015,29(3):315-320.
- [12] 卡哈尔·艾肯木,楚戈,黄佳,等.后路椎体环截及钛合金钉棒内固定治疗重度脊柱畸形[J].中国组织工程研究,2013,17(3):7534-7539.
- [13] 邱勇,刘臻,朱泽章,等.脊髓内移术在脊柱角状侧后凸畸形伴神经损害的后路矫形内固定中的作用[J].中华骨科杂志,2015,35(9):883-889.
- [14] 黄霖,赵敏,王鹏,等.脊柱手术中多模式神经电生理监测异常的原因分析及处理对策[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(7):594-601.
- [15] 殷钰涵,杨俊锋,王建伟.诱发电位在脊髓损伤中的应用[J].中国中医骨伤科杂志,2015,23(1):69-71.
- [16] 史图龙,尚咏.术中神经监测技术在脊柱手术中的临床应用[J].颈腰痛杂志,2015,36(2):150-153.
- [17] 庄乾宇,王树杰,仇建国.经颅电刺激运动诱发电位监测标准化方案在1543例脊柱畸形矫形手术中的应用[J].中华骨与关节外科杂志,2015,8(1):27-31.
- [18] 黄霖,赵敏,王鹏,等.脊柱手术中多模式神经电生理监测异常的原因分析及处理对策[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(7):594-601.
- [19] 刘臻,邱勇,朱卫国,等.伴神经损害脊柱侧后凸畸形患者脊髓内移后路矫形术后神经电生理变化[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,5(7):580-584.
- [20] 席志鹏,谢林,康然,等.体感诱发电位与运动诱发电位监测在颈椎手术中的应用价值[J].中国当代医药,2014,21(29):42-46.